

Karakteristik Fisiko-Kimia Briket Bioarang Campuran Arang Kotoran Kambing, Tempurung Buah Lontar Dan Mayang Lontar

Kristofel Natto^{*1}, Yakob R. Noah², Grace Maranatha³, Upik S. Rosnah⁴, David A. Nguru⁵

^{1,2,3,4,5} Fakultas Peternakan, Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana, Indonesia
Email: krisnato26@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kualitas fisiko-kimia briket bioarang campuran kotoran kambing, mayang lontar dan tempurung buah lontar. Rancangan yang digunakan adalah rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 perlakuan dan 4 ulangan. Empat perlakuan meliputi P1= Kotoran kambing 50%, Mayang lontar 10% dan Tempurung Lontar 40%, P2 = kotoran kambing 50%, Mayang lontar 20% dan Tempurung lontar 30%, P3 = Kotoran Kambing 50%, Mayang lontar 30% dan Tempurung Lontar 20%, P4= Kotoran Kambing 50%, Mayang lontar 10% dan Tempurung Lontar 40%. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah rendemen briket, densitas, kadar air, kadar abu dan nilai kalor. Data yang diperoleh ditabulasi kemudian dilanjutkan dengan analisis sidik ragam (ANOVA). Jika ada perbedaan antara perlakuan dilanjutkan dengan uji Berganda Duncan. Hasil penelitian ini menunjukkan rendemen (357,44^a), densitas (0,689^{bc}), kadar air (4,32^a), kadar abu (23,55^d) dan nilai kalor (2637,41^a). Disimpulkan bahwa penggunaan briket bioarang yang terbaik terdapat pada P₄(arang kotoran kambing 50% + mayang lontar 10% + tempurung lontar 40 + perekat 6%) dengan parameter rendemen briket, densitas, kadar air, kadar abu dan nilai kalor.

Kata kunci: karakteristik fisiko-kimia briket bioarang, kotoran kambing, mayang lontar, tempurung lontar.

Abstract

This study aims to determine the effect of the quality physico-chemistry briquettes mixed with goat dung, mayang lontar and lontar fruit shells. The design (CRD) which consisted of 4 treatments and 4 replications. The four treatments included P1=50% goat manure, 10% mayang lontar and 40% goat dung (control), P2=50% goat dung, 20% mayang lontar and 30% lontar eggplant, P3=50% goat dung, 30% lontar mayang % and lontar shell 20%, P4= Goat Manure 50%. Mayang Lontar 10% and lontar shell 40%. The variables observed in this study were briquette yield, density, moisture content, ash content and calorific value. The data obtained were tabulated and then continued with analysis of variance (ANOVA). If there was a difference between the treatments, it was continued with Duncan's multiple test. The results of this study indicate the yield (54,275^a), density (0.699^{bc}), moisture content (5,253^a), ash content (25,133^d) and calorific value (3867,15^a). It was concluded that the best use of biochar briquettes was found in P₄ (50% goat dung charcoal + 10% mayang lontar + lontar 40+6% adhesive) with parameters of briquette yield, density, moisture content, ash content and calorific value.

Keywords: physico-chemical characteristics of biochar briquettes, goat dung, lontar shell and mayang lontar.

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan solusi krusial untuk menjawab tantangan ketersediaan energi dan dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil. Sumber energi ini, seperti matahari, angin, dan biomassa, dapat diperbarui dan dimanfaatkan secara berkelanjutan (Vachlepi & Suwardin, 2013). Di antara berbagai pilihan tersebut, biomassa-terutama yang berasal dari limbah pertanian dan peternakan

memiliki potensi besar untuk dikembangkan di pedesaan sebagai bahan baku energi yang ramah lingkungan. Limbah peternakan, seperti kotoran hewan, sisa pakan, dan hasil samping pemotongan, merupakan material organik yang melimpah (Sulasminingsih et al., 2023). Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini dapat menimbulkan masalah lingkungan serius, seperti polusi air dan udara, serta emisi gas metana (Mustain et al., 2021). Sebaliknya, dengan teknologi pengolahan yang tepat, limbah tersebut dapat diubah menjadi produk bernilai ekonomi tinggi, seperti pupuk organik dan bahan bakar padat (bioarang).

Salah satu teknologi konversi yang menjanjikan adalah pirolisis limbah biomassa menjadi bioarang atau biochar, yang selanjutnya dapat diproses menjadi briket bahan bakar (Novita et al., 2021). Briket bioarang telah banyak diteliti, namun tantangan utama terletak pada kualitas fisik dan termalnya yang sering kali belum optimal. Kualitas ini sangat dipengaruhi oleh jenis bahan baku, komposisi campuran, dan bahan perekat yang digunakan (Arman et al., 2017). Penelitian terdahulu banyak fokus pada bahan baku tunggal atau campuran yang umum, seperti kayu atau sekam padi. Sementara itu, pemanfaatan kombinasi spesifik limbah peternakan (kotoran kambing) dengan limbah perkebunan (tempurung dan mayang lontar) sebagai bahan baku briket belum banyak dieksplorasi, sehingga potensi sinerginya masih belum terpetakan. Selain itu, meskipun diketahui bahwa bahan perekat seperti tepung tapioka berpengaruh terhadap karakteristik briket, penelitian mengenai pengaruh variasi bentuk fisik briket (seperti silinder, kubus, atau bentuk lain) terhadap kualitas akhir masih sangat terbatas. Padahal, bentuk dapat mempengaruhi kepadatan, luas permukaan kontak dengan udara, dan akhirnya proses pembakaran.

Berdasarkan penelitian Laday et al., (2024) penggunaan tepung tapioka sebagai perekat pada kadar 6% menunjukkan hasil yang optimal dalam beberapa parameter kualitas briket, karena memiliki nilai kalor yang relatif tinggi (920 kJ). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan konsentrasi perekat tersebut sebagai basis. Untuk menjawab celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisik briket bioarang yang terbuat dari campuran arang kotoran kambing, tempurung lontar, dan mayang lontar dengan komposisi 50%:10%:40%, menggunakan perekat tapioka 6%, dengan memvariasi bentuk briket. Karakteristik yang diuji meliputi rendemen, densitas, kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. penelitian untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah lokal menjadi bahan bakar alternatif yang berkualitas dan berdaya saing.

2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian telah dilaksanakan di Kelurahan Naimata kecamatan Maulafa kota Kupang selama 3 bulan dari tanggal 15 Desember 2022 sampai 25 Februari 2022. Terdiri dari persiapan bahan dan alat, proses karbonasi, pembriketan, pra penelitian dan pengumpulan data (Uji Laboratorium).

Materi penelitian dan peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: kotoran kambing 8 kg, tempurung lontar 8 kg, mayang lontar 8 kg, tapioka 960 gram, minyak tanah dan air. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Drum pirolisis, mesin penggiling dengan ukuran saringan 20 mesh, kompor, minyak tanah, pengaduk, ember, baskom, timbangan digital, alat cetak, bomb calorimeter, skop, wajan, timbangan analitik, oven, tanur dan cawan porselin.

Tabel 1. Hasil proksimat kandungan kotoran kambing dan tempurung *saboak*

| Variabel | Tempung <i>saboak</i> | Kotoran kambing | mayang lontar |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Kadar air (%) | 1,72 | 9,38 | ,98 |
| Kadar abu (%) | 3,36 | 12,54 | 4,67 |
| Karbon terikat (%) | 22,08 | 20,76 | 28,11 |
| Nilai kalor (kal/g) | 4470,08 | 4070,72 | 389,99 |
| <i>Volatille mater</i> (%) | 71,82 | 57,32 | 56,24 |

Sumber: Data primer hasil proksimat Laboratorium Nutrisi dan Pakan Ternak Poleteknik Pertanian (2022).

Metode penelitian

Desain percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode rancangan acak lengkap 4 perlakuan dan 4 ulangan Perlakuan:

P₁: kotoran kambing 50% + limbah lontar 50% (tempurung lontar 20% dan mayang lontar 80%)

P₂: kotoran kambing 50% + limbah lontar 50% (tempurung lontar 40% dan mayang lontar 60%)

P₃: kotoran kambing 50% + limbah lontar 50% (tempurung lontar 60% dan mayang lontar 40%)

P₄: kotoran kambing 50% + limbah lontar 50% (tempurung lontar 80% dan mayang lontar 20%)

Presedur kerja

Persiapan

Material dikumpulkan di sekitar di kota Kupang. Kemudian, material berupa kotoran kambing dan tempurung lontar dijemur hingga kering. Pengeringan bahan ini menjadi penting agar bahan dapat dibakar menjadi arang secara optimal. Material yang tidak kering akan mempersulit proses pembakaran karena kandungan air yang tinggi membutuhkan lebih banyak energi untuk menguap, menghambat karbonisasi, dan menghasilkan asap tebal serta arang yang rapuh dan berkualitas rendah.

Pembuatan arang

Material yang sudah kering dikecilkan kemudian diarangkan (dikarbonisasi).

a. Arang kotoran kambing

Kotoran kambing yang telah kering diarangkan menggunakan metode sangrai. Sebelum disangrai, berat kotoran kambing ditimbang terlebih dahulu sebagai bahan baku awal. Kotoran tersebut kemudian ditempatkan di atas lempengan seng yang dipanaskan dengan tungku kayu bakar. Proses penyangraian dilakukan sambil terus diaduk hingga warnanya berubah menjadi hitam merata seperti arang. Setelah itu, arang yang masih menyala dipercik dengan air untuk mematikan bara api yang tersisa. Arang yang sudah dingin kemudian ditimbang kembali untuk menghitung rendemen (perbandingan berat arang terhadap bahan baku). Selanjutnya, arang tempurung lontar dan arang kotoran kambing digiling bersama menggunakan mesin penghalus menjadi serbuk bioarang.

b. Arang tempurung lontar

Tempurung lontar diarangkan menggunakan teknik pirolisis dalam drum pirolisis, yaitu metode pembakaran dalam ruang tertutup dengan pasokan udara yang terbatas. Pertama, tempurung lontar dipecahkan dan ditimbang sebagai bahan baku awal. Proses pengisian drum dilakukan secara bertahap: tahap awal, sejumlah kecil tempurung (setinggi kira-kira 20 cm dari dasar drum) dimasukkan dan dibakar. Setelah api mulai menyala, sisa tempurung lontar dimasukkan sedikit demi sedikit hingga drum terisi penuh. Drum kemudian segera ditutup rapat, dengan hanya menyisakan cerobong asap sebagai satu-satunya saluran keluarnya gas hasil pirolisis. Proses pirolisis dibiarkan berlangsung hingga benar-benar selesai, yang ditandai dengan tidak adanya lagi asap yang keluar dari cerobong. Selanjutnya, drum dibuka dan arang yang dihasilkan dikeluarkan. Untuk memastikan arang benar-benar padam, arang kemudian didinginkan atau dimatikan. Terakhir, arang yang telah dingin ditimbang untuk menghitung rendemennya.

c. Arang mayang lontar

Mayang lontar diarangkan menggunakan teknik pirolisis dalam drum, yaitu metode pembakaran dalam ruang tertutup dengan pasokan udara yang terbatas. Sebelum diproses, mayang lontar dipisahkan dari tangkainya, dibersihkan, dan ditimbang sebagai bahan baku awal. Proses pengisian drum dilakukan secara bertahap. Tahap pertama, mayang lontar dimasukkan setinggi sekitar 20 cm dari dasar drum, lalu dinyalakan. Setelah api mulai membakar bahan tersebut, sisa mayang lontar dimasukkan sedikit demi sedikit hingga drum terisi penuh. Segera setelah drum penuh, drum ditutup rapat, dengan hanya menyisakan cerobong asap sebagai saluran keluarnya gas hasil pirolisis. Proses pembakaran tertutup ini dibiarkan berlangsung hingga benar-benar selesai, yang ditandai dengan tidak adanya lagi asap atau

hanya sedikit asap yang keluar dari cerobong. Selanjutnya, tutup drum dibuka dan arang yang telah terbentuk dikeluarkan untuk kemudian didinginkan atau dimatikan. Terakhir, arang hasil pirolisis ditimbang untuk menghitung rendemennya.

Pembuatan perekat

Bahan perekat yang digunakan dalam pembuatan briket adalah tepung tapioka. Jumlah tepung tapioka yang digunakan adalah 6% dari total berat bahan bioarang (serbuk arang). Untuk membuat perekat, sebanyak 60 gram tepung tapioka ditimbang, kemudian dilarutkan ke dalam 880 ml air sambil diaduk hingga merata dan tidak menggumpal. Selanjutnya, campuran ini dipanaskan di atas wajan sambil terus diaduk secara konstan selama kurang lebih 5 menit, hingga mengental membentuk gel yang kental dan homogen. Gel tapioka ini kemudian siap digunakan sebagai perekat dalam pencampuran adonan briket.

Pencetakan briket

Serbuk bioarang tempurung lontar dan kotoran kambing ditimbang menggunakan timbangan digital sesuai perlakuan, kemudian dicampur dengan perekat hingga menjadi homogen. Adonan yang telah jadi dimasukkan ke pencetak briket berbentuk silinder berukuran 12 cm dengan diameter 4 cm yang dikempa menggunakan alat hidrolik untuk pengepresan briket. Pengepresan dilakukan secara manual dengan bantuan hidrolik yang berkekuatan 3 ton dimana satu kali pencetakan akan mendapatkan 4 unit. Briket yang sudah jadi 20/3514 ditimbang untuk mengetahui berat basah. Briket yang basah lalu dijemur hingga kering sampai kandungan kadar air pada briket <8% lalu diukur tinggi, diameter dan ditimbang berat briket kering untuk mendapatkan rendemen.

Variabel yang diteliti

a. Rendemen Briket (%)

Yaitu berat kering dibagi dengan berat adonan briket. Berat briket kering didapatkan dari hasil penjemuran briket hingga kering (kadar air <8%). Rumus yang digunakan untuk menghitung rendemen briket adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{\text{berat briket kering}}{\text{berat adonan briket}} \times 100\%$$

b. Densitas (g/cm³)

Merupakan tingkat kerapatan suatu bahan bakar yang telah mengalami tekanan. Densitas didapatkan melalui perbandingan antara berat dan volume yang dipengaruhi oleh tekanan pembriketan yang diberikan ketika pembuatan briket. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai kerapatan yaitu:

c. Kadar Air Briket

$$\text{Densitas} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam briket. rumus yang digunakan untuk menghitung kadar air briket yaitu:

$$KA = \frac{BB - BK}{BB} \times 100$$

a. Kadar Abu

Kadar abu dapat ditentukan dengan perbandingan antara jumlah bahan yang tersisa dengan jumlah bahan yang terbakar.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{sisaabupembakaran}}{\text{massaawalbriket}} \times 100\%$$

b. Nilai kalor (kkal/joule) adalah jumlah energi panas maksimum yang dilepaskan atau ditimbulkan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. $Q = m \times c \times \Delta T$

Ket: Q = Nilai Kalor (Joule)
 m = Massa air (kg)
 c = Kalor jenis air (J/kgK)
 ΔT = Perubahan Suhu (K)

Analisa Data

Data yang diperoleh ditabulasi, kemudian selanjutnya dilakukan analisis keragaman (ANOVA) sesuai model desain percobaan yang digunakan, sedangkan khusus untuk data hasil uji panelis, yaitu tekstur briket ditransformasi menggunakan transformasi akar dengan rumus:

$$\bar{Y} = \sqrt{x} + 0,5$$

Keterangan y: Data hasil transformasi

x: Rata-rata skor

Apabila terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji Berganda Duncan menurut petunjuk Gomez (1995). Model matematis dari rancangan acak lengkap sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:
 Y_{ij} = Nilai pengamatan perlakuan ke-i dan ulangan ke-j μ =

Nilai tengah pengamatan

α_i = Pengaruh perlakuan ke-i

ϵ_{ij} = Kesalahan percobaan i

= Perlakuan = 1, 2, 3, 4,

j = Ulangan = 1, 2, 3, 4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data variabel karakteristik fisisiko-kimia briket bioarang campuran kotoran kambing, mayang lontar dan tempurung buah lontar yang di dapatkan dalam penelitian disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. karakteristik fisisiko-kimia briket bioarang

| No | Variabel | Perlakuan | | | | Total | Rataan | SNI |
|----|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|-------|
| | | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | | | |
| 1 | Rendemen (%) | 77.71 | 92.36 | 91.16 | 96.21 | 357.44 | 8.936.045 | - |
| 2 | Densitas (g/cm ³) | 0.68 | 0.69 | 0.60 | 0.69 | 2.67 | 0.666875 | 0,44 |
| 3 | Kadar Air (%) | 3.62 | 4.08 | 4.13 | 4.32 | 16.14 | 403.375 | <8 |
| 4 | Kadar Abu (%) | 24.96 | 23.89 | 23.09 | 23.55 | 95.49 | 2.387.188 | <8 |
| 5 | Nilai Kalor (kal/g) | 4544.65 | 3679.00 | 3199.63 | 2637.41 | 14060.68 | 3.515.171 | <5000 |

Rendemen

Tabel 2 menunjukkan bahwa rataan rendemen briket bioarang berkisar antara 60,41% hingga 64,00%. Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan baku tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap rendemen briket bioarang. Rendemen terendah terdapat pada perlakuan P₂ (60,41%), sedangkan rendemen tertinggi dicapai pada perlakuan P₃ (64,00%). Secara umum, hasil penelitian mengindikasikan bahwa campuran 50% arang kotoran kambing, 40% tempurung lontar, dan 80% mayang lontar (P₃) menghasilkan rendemen briket tertinggi. Terdapat tren peningkatan rendemen seiring dengan berkurangnya proporsi tempurung lontar dalam formulasi. Peningkatan rendemen ini berkorelasi dengan penurunan kadar air briket; semakin tinggi rendemen yang dihasilkan, kadar air briket bioarang cenderung semakin rendah.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Fadlurrahman et al., (2024) bahwa tinggi rendahnya rendemen dipengaruhi oleh kadar air bahan. di mana kadar air bahan merupakan faktor penentu utama dalam proses karbonisasi. Air yang terkandung dalam bahan memerlukan energi panas laten untuk penguapan selama pirolisis (Chusniyah et al., 2022). Bahan baku dengan kadar air lebih tinggi (diduga pada tempurung lontar) akan menghabiskan lebih banyak energi untuk tahap pengeringan, sehingga mengurangi efisiensi konversi menjadi karbon tetap (arang), yang tercermin dari rendemen yang lebih rendah.

Perbedaan cara pengarangan antara kotoran kambing (sangrai) dan tempurung lontar (pirolisis) diduga menjadi salah satu faktor yang memengaruhi variasi rendemen arang yang diperoleh, selain jenis bahan baku itu sendiri. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Putri et al., (2024) bahwa jenis bahan baku dan metode pengarangan dapat memengaruhi besar kecilnya rendemen arang. Namun, rendemen yang diperoleh dalam penelitian ini (60,41–64,00%) masih lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Mulyadi dkk. (2013), yang melaporkan rendemen sebesar 69,79% pada briket kulit buah nipah dengan perekat tapioka 40% dan kapur 5%, serta 70,04% pada briket kulit buah nipah dengan perekat tapioka 20% dan kapur 5%. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam rentang komposisi yang diuji, faktor proses dan sifat intrinsik bahan baku memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan proporsi campurannya. Tren peningkatan rendemen pada formulasi P3, yang ditandai dengan berkurangnya proporsi tempurung lontar, diduga kuat berkaitan dengan sifat fisikokimia bahan baku, khususnya kadar air awal dan struktur selulosa-lignin. Selain itu, perbedaan metode pengarangan yang diterapkan yaitu sangrai untuk kotoran kambing dan pirolisis drum untuk tempurung dan mayang lontar menciptakan kondisi termal dan atmosfer yang berbeda (Prasetyo et al., 2020). Pirolisis drum yang terkontrol cenderung menghasilkan konversi karbon yang lebih efisien karena membatasi suplai oksigen, dibandingkan sangrai yang lebih terbuka (Ayuningtyasa & Aridito, 2022). Perbedaan variabel menjelaskan variasi rendemen antar jenis bahan, terlepas dari komposisi campurannya (Ridhuan et al., 2019).

Densitas

Tabel 2. Menunjukkan bahwa rerata densitas briket bioarang sebesar 0,60 sampai 0,69. Hasil sidik ragam menunjukkan perlakuan berpengaruh tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap densitas. Densitas terendah didapatkan pada (P_3) sebesar 0,60 dan tertinggi pada (P_4) sebesar 0,69. Hasil penelitian ini mengindikasikan campuran arang kotoran kambing 50%+ tempurung lontar 40% dan mayang lontar 10%. Menurut Haygreen dan Bower (1998) densitas adalah perbandingan antara kerapatan (atas dasar berat kering tanur dan volume pada kadar air yang telah ditentukan). (Kalsum et al., 2025) mengemukakan kerapatan yang tinggi menunjukkan kekompakan partikel arang briket yang dihasilkan. Besar kecilnya densitas dipengaruhi oleh ukuran partikel dan tekanan. Hal ini dikarenakan semakin banyak perekat yang digunakan maka semakin besar pula daya ikat terhadap partikel bioarang sehingga dalam proses pengempaan menghasilkan densitas (kepadatan) yang lebih besar (Susilawati et al., 2022).

Rentang densitas yang relatif sempit dan tidak dipengaruhi secara signifikan oleh komposisi mengindikasikan bahwa kekakuan partikel arang dan proses pencetakan (pengempaan) berperan lebih besar dalam menentukan kepadatan akhir dibandingkan variasi jenis bahan dalam proporsi yang diuji. Hal ini sesuai dengan pendapat Sirajuddin, (2021) yang menyatakan bahwa kerapatan yang tinggi mencerminkan kekompakan partikel penyusun briket. Dalam penelitian ini, semua perlakuan menggunakan ukuran partikel seragam (80 mesh) dan tekanan pencetakan yang sama, sehingga faktor-faktor ini menjadi konstan. Dengan demikian, karakteristik permukaan dan bentuk partikel dari masing-masing bahan (kotoran kambing, tempurung lontar, mayang lontar) diduga telah mencapai tingkat kekompakan yang setara di bawah tekanan yang diberikan. Meskipun komposisi bahan baku arang tidak signifikan, keberadaan perekat tapioka 6% berperan sebagai faktor pemersatu yang kritis. penambahan perekat secara signifikan meningkatkan daya ikat antar partikel (Laday et al., 2024). Gel tapioka yang terbentuk selama pemanasan mengisi pori-pori dan ruang kosong antar partikel arang, sehingga untuk

meningkatkan integritas struktural briket dan memaksimalkan pencapaian densitas di bawah tekanan tertentu (Pratama et al., 2017). Biantoro & Widayat, (2021) juga menegaskan bahwa tekanan dan ukuran partikel adalah faktor penentu utama densitas, di mana perekat berfungsi sebagai medium yang mentransfer tekanan secara merata dan mengikat partikel halus. Hasil densitas yang diperoleh ($0,60-0,69 \text{ g/cm}^3$) lebih tinggi jika dibandingkan dengan standar minimal yang ditetapkan dalam SNI 01-6235-2000 ($0,44 \text{ g/cm}^3$). Ini merupakan temuan yang positif, menunjukkan bahwa briket bioarang yang dihasilkan memiliki kepadatan yang memadai dari aspek fisik. Secara komparatif briket kayu yang mencapai densitas $0,70 \text{ g/cm}^3$, mengindikasikan bahwa briket dari limbah lontar dan kotoran kambing memiliki potensi kepadatan yang kompetitif dengan bahan baku berbasis kayu.

Kadar Air

Tabel 2 menunjukkan bahwa rerata kadar air briket bioarang sebesar 3,62 sampai 4,32 %. Hasil sidik ragam menunjukkan perlakuan berpengaruh tidak nyata ($P>0,05$) terhadap kadar air briket. Kadar air terendah didapatkan pada (P_1) sebesar 3,62 dan tertinggi pada (P_4) sebesar 4,32. Hasil penelitian ini mengindikasikan campuran arang kotoran kambing 50%+ tempurung lontar 40% dan mayang lontar 10%. Bertambahnya level perekat yang digunakan menghasilkan briket bioarang dengan kadar air yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan semakin banyak perekat yang digunakan akan berpengaruh dalam mengikat air. Hal ini sejalan dengan pernyataan Purwazi et al., (2018) bahwa semakin tinggi penggunaan level perekat maka pembuatan briket bioarang signifikan terjadi menaikkan kadar air. Febrina, (2018) Juga menambahkan bahwa jumlah pori yang lebih banyak dan adanya kandungan komponen-komponen kimia seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa juga dapat mempengaruhi adanya kandungan nilai kadar air yang tinggi pada briket bioarang.

Kadar air tidak dipengaruhi oleh komposisi arang, namun menunjukkan tren peningkatan seiring dengan perubahan formulasi (tertinggi pada P_4), mengarah pada analisis faktor lain yang bersifat konstan dalam penelitian ini, yaitu jenis dan jumlah perekat. Dalam semua perlakuan, digunakan perekat tapioka dengan konsentrasi tetap sebesar 6% dari berat bioarang. Tapioka, sebagai polimer berbasis pati, bersifat hidrofilik (mudah mengikat air). Selama proses pencampuran adonan basah dan pendinginan briket, gel tapioka berperan sebagai reservoir yang menahan molekul air dalam matriks briket (Milya et al., 2023). Oleh karena itu, meskipun bahan baku arangnya telah dikeringkan sempurna, penambahan perekat dalam jumlah tetap tersebut memasukkan sejumlah air tertentu ke dalam sistem, yang kemudian sebagian dipertahankan dalam struktur briket setelah pengeringan. (Paga & Reniana, 2024) juga menyatakan bahwa peningkatan level perekat pati secara signifikan dapat meningkatkan kadar air briket akibat sifat hidrofiliknya. Faktor lain dapat berkontribusi adalah karakteristik higroskopisitas dan struktur pori dari bahan baku arang itu sendiri. Kandungan komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin, serta jumlah pori pada arang, mempengaruhi kemampuan menyerap dan melepaskan uap air dari lingkungan (Puspita et al., 2021). Perbedaan karakteristik ini antar bahan baku (kotoran kambing, tempurung, dan mayang lontar) mungkin berkontribusi pada variasi kecil kadar air yang teramati, meskipun tidak cukup besar untuk menjadi signifikan secara statistik dalam rentang komposisi yang diuji. Nilai kadar air briket hasil penelitian ini (3,62–4,32%) berada jauh di bawah batas maksimum ($< 8\%$) yang ditetapkan dalam SNI 01-6235-2000. Pencapaian ini merupakan indikator kualitas yang sangat positif. Kadar air yang rendah menunjukkan bahwa proses pengeringan arang bahan baku dan briket telah berlangsung efektif (Nurhadyanti & Ekawaty, 2025). Keunggulan ini juga terlihat ketika dibandingkan dengan penelitian (Setiawan et al., 2019) yang melaporkan kadar air briket campuran sampah kebun dan kulit kacang sebesar 6,7897%.

Kadar Abu

Tabel 2 memperlihatkan bahwa rerata kadar abu briket bioarang sebesar 23,09 sampai 24,96 kal/g. Hasil sidik ragam menunjukkan perlakuan berpengaruh tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap kadar abu briket bioarang. Kadar abu terendah didapatkan pada (P_3) sebesar 23,09 dan tertinggi pada (P_1) sebesar 24,96. Dengan hasil penelitian ini mengindikasikan campuran arang kotoran kambing, tempurung lontar dan mayang lontar. Besarnya nilai kadar abu disebabkan pada proses pirolisis bahan biomassa yang digunakan belum sempurna. (Sari et al., 2023). Tingginya nilai kadar abu yang konsisten di semua formulasi, terlepas dari komposisi bahan baku arang, mengindikasikan bahwa sumber mineral anorganik ini berasal dari karakteristik intrinsik semua bahan baku yang digunakan, khususnya kotoran kambing. Kotoran ternak secara alami mengandung mineral silikat (silika) dalam jumlah signifikan yang berasal dari pakan, seperti rumput dan dedaunan, yang terakumulasi dalam feses. Silika (SiO_2) merupakan komponen penyusun abu utama yang sangat stabil terhadap panas (Nahas et al., 2019). Proporsi kotoran kambing yang relatif tinggi (25-50%) dalam semua formulasi menjadi kontributor dominan terhadap beban mineral total (Ridhuan & Irawan, 2019). Selain sumber bahan baku, tingkat kesempurnaan proses pirolisis juga berperan. Proses pirolisis yang tidak optimal (suhu atau waktu tahanan yang kurang) dapat menyebabkan dekomposisi komponen organik seperti lignin dan selulosa tidak sempurna, sehingga meninggalkan residu karbon tetap yang ikut dihitung sebagai "abu" dalam analisis gravimetri standar (Ristianingsih et al., 2015). Dengan demikian, tingginya kadar abu ini mungkin merupakan kombinasi dari kandungan mineral bawaan yang tinggi dan efisiensi karbonisasi yang masih dapat ditingkatkan. Ketika dibandingkan dengan standar mutu, hasil penelitian ini menghadapi tantangan serius. Nilai kadar abu yang diperoleh (23,09–24,96%) jauh melampaui batas maksimum ($< 8\%$) yang ditetapkan dalam SNI 01-6235-2000 untuk briket. Bahkan, nilai ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Mulyadi et al., (2013) pada briket kulit buah nipah yang berkisar 19,72–22,47%. Ketidaksihuan dengan SNI ini mengindikasikan bahwa briket bioarang dari campuran ini, dalam konfigurasi proses saat ini, akan memiliki performa pembakaran yang kurang optimal dengan potensi pembentukan kerak (slagging) yang tinggi dan nilai kalor bersih yang lebih rendah akibat banyaknya material inert.

Nilai kalor

Tabel 2 memperlihatkan bahwa rerata nilai kalor briket bioarang sebesar 2637,41 sampai 4544,65. Hasil sidik ragam menunjukkan perlakuan berpengaruh tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap nilai kalor. Nilai kalor terendah terdapat pada (P_4) sebesar 2637,41 kal/g sedangkan tertinggi pada (P_1) sebesar 4544,65 kal/g. Semakin banyak kadar abu yang terdapat pada briket bioarang maka semakin menurun juga nilai kalornya. Nilai kalor semakin berkurang seiringnya menurunnya level tempurung lontar yang digunakan. Nilai kalor yang dihasilkan dari suatu briket sangat mempengaruhi kualitas dan mutu briket yang dihasilkan. Meskipun tidak signifikan secara statistik, tren penurunan nilai kalor yang jelas teramati, terutama pada formulasi P_4 . Penurunan ini berkorelasi kuat dengan peningkatan proporsi mayang lontar dan penurunan proporsi tempurung lontar, serta secara paralel mengikuti pola peningkatan kadar abu yang telah dibahas sebelumnya. Purwazi et al., (2018) juga menambahkan bahwa nilai kalor berbanding terbalik dengan kadar abu. Abu merupakan material inert yang tidak menyumbang energi, sehingga peningkatan fraksinya akan secara langsung mengencerkan kandungan karbon (pemberi energi) dalam briket, menurunkan nilai kalor bersihnya (Miharja, 2016). Selain kadar abu, kadar air juga berperan, di mana energi diperlukan untuk menguapkan air, sehingga mengurangi panas yang tersedia untuk pemanfaatan eksternal.

Tekanan pencetakan yang diberikan mempengaruhi densitas briket. Densitas yang lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan pada pembahasan sebelumnya, berarti lebih banyak massa bahan bakar per satuan volume. Namun, menurut Aljarwi et al., (2020) tekanan berlebih dapat membuat briket menjadi terlalu padat sehingga menghambat difusi oksigen selama pembakaran, berpotensi menyebabkan pembakaran tidak sempurna yang justru menurunkan efisiensi pelepasan kalor. Oleh karena itu, terdapat titik optimal antara densitas dan porositas untuk mencapai nilai kalor efektif terbaik. Secara komparatif, nilai kalor tertinggi yang diperoleh (4.544,65 kal/g untuk P_1) lebih unggul dibandingkan briket berbasis kotoran ternak lainnya, seperti yang dilaporkan (Nahas et al., 2019) untuk kotoran kambing (3.525 kal/g), sapi (3.193 kal/g), dan ayam (2.991 kal/g). Keunggulan ini menunjukkan bahwa pencampuran dengan arang tempurung lontar (yang kaya lignin dan berkadar abu lebih rendah) berhasil meningkatkan kualitas energi bahan baku primer (kotoran kambing).

Namun, ketika dibandingkan dengan standar bahan bakar yang lebih ketat, hasil penelitian ini masih menghadapi tantangan. Nilai kalor maksimum (4.544,65 kal/g) masih berada di bawah standar minimum SNI 01-6235-2000 (5.000 kal/g), apalagi jika dibandingkan dengan standar internasional seperti Jepang (6.000-7.000 kal/g) atau Inggris (7.289 kal/g). Bahkan, nilai ini masih lebih rendah dibandingkan briket dari biji nyamplung (5.722,69 kal/g) seperti dilaporkan (Almu et al., 2014). Hal ini menegaskan bahwa meskipun memiliki keunggulan dibandingkan briket kotoran ternak murni, briket campuran limbah lontar ini belum mampu menyamai performa energi dari briket berbasis biomassa berkualitas tinggi (kayu keras, biji-bijian) atau memenuhi standar nasional dan internasional yang berlaku.

PENUTUP

Kualitas briket bioarang yang dibuat dari kombinasi antara arang kambing, arang tempurung lontar dan arang mayang lontar yang terbaik terdapat pada P₄ (arang kotoran kambing 50% + arang tempurung lontar 40%, mayang lontar 10%), dibandingkan dengan briket bioarang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aljarwi, M. A., Pangga, D., & Ahzan, S. (2020). Uji Laju Pembakaran Dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi Dengan Variasi Tekanan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 200–206. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/orbita.v6i2.2645>
- Almu, M. A., Syahrul, S., & Padang, Y. A. (2014). Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Dan Abu Sekam Padi. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 117–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/d.v4i2.61>
- Arman, M., Makhsud, A., Aladin, A., Mustafiah, M., & Majid, R. A. (2017). Pirolisis Batubara Dan Limbah Biomassa Tongkol Jagung. *Journal Of Chemical Process*, 02(02), 16–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.33536/jcpe.v2i2.161>
- Ayuningtyasa, E., & Aridito, M. N. (2022). Karakteristik Arang Karbon Dari Limbah Serbuk Kayu Dengan Variasi Laju Pemanasan Dan Laju Hisap Gas Sebagai Adsorben Dengan Pirolisis Twin Retort. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 22(2), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.37412/jrl.v22i2.149>
- Biantoro, A. B., & Widayat, W. (2021). Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Perekat terhadap Karakteristik Briket Limbah Daun Cengkeh. *Jurnal Inovasi Mesin*, 3(2), 18–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jim.v3i2.52796>
- Chusniyah, D. A., Pratiwi, R., Benyamin, B., & Suliestiyah, S. (2022). Uji Kualitas Briket Berbahan Arang Ampas Kelapa Berdasarkan Nilai. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 7(1), 14–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.25105/pdk.v7i1.9778>
- Fadlurrahman, M. D., Widiyanti, L., Rusnadi, I., Erlinawati, E., & Pratiwi, I. (2024). *Pengaruh Variasi Massa Tempurung Kelapa dan Waktu Karbonisasi Terhadap Kualitas Arang*. 9, 205–212. <https://doi.org/https://doi.org/10.31851/redoks.v9i2.16821>
- Febrina, W. (2018). Potensi Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Briket Bio Arang. *Jurnal Initek*, 11(1), 40–50. [https://doi.org/https://doi.org/10.52072/UNITEK.V11I1.27Kalsum, U., Sahara, S., & Jumardin, J. \(2025\). Uji Kuat Tekan dan Kekerasan dengan Variasi Komposisi dan Ukuran Partikel pada Biobriket Tempurung Kelapa \(Cocos Nucifera\), Tongkol Jagung \(Corn Cob\) dan Kotoran Sapi. 12, 117–131. <https://doi.org/10.24252/jft.v12i1.57733>](https://doi.org/https://doi.org/10.52072/UNITEK.V11I1.27Kalsum, U., Sahara, S., & Jumardin, J. (2025). Uji Kuat Tekan dan Kekerasan dengan Variasi Komposisi dan Ukuran Partikel pada Biobriket Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera), Tongkol Jagung (Corn Cob) dan Kotoran Sapi. 12, 117–131. https://doi.org/10.24252/jft.v12i1.57733)
- Laday, L. D. A. Bin, Wulandari, D., Abdi, F. I., & Riandadari, D. (2024). Pengaruh Komposisi Jenis Perekat Arpus Dan Tepung Beras Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Rekayasa Mesin (JRM)*, 09(01), 271–276. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jrm.v9i01.59612>
- Miharja, M. H. J. (2016). Analisis proksimat potensi briket bioarang sebagai energi alternatif di desa kusu, maluku utara. *Jurnal Techno*, 05(1), 15–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.33387/TK.V5I1.782>

- Milya, C. R., Kurniawan, E., Hakim, L., Dewi, R., & Muhammad, M. (2023). Pembuatan Briket Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Variasi Jenis Dan Persentase Perekat Tepung Tapioka Dan Tepung Beras. *Chemical Engineering Journal Storage*, 4(Agustus), 505–516. <https://doi.org/https://doi.org/10.29103/cejs.v3i4.9913>
- Mulyadi, A. F., Dewi, I. A., & Deoranto, P. (2013). Pemanfaatan Kulit Buah Nipah Untuk Pembuatan Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian Vol.*, 14(1), 65–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/K.V4I2.266>
- Mustain, A., Sindhuwati, C., Wibowo, A. A., Estelita, A. S., & Rohmah, N. L. (2021). Pembuatan Briket Campuran Arang Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(2), 100–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.33795/JTKL.V5I2.183>
- Nahas, D. F., Nahak, O. R., & Bira, G. F. (2019). Uji Kualitas Briket Bioarang Berbahan Dasar Arang Kotoran Kambing, Arang Kotoran Sapi dan Arang Kotoran Ayam. *Journal of Animal Science (Jas)*, 4(3), 33–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.32938/ja.v4i3.709>
- Novita, S. A., Santosa, S., Nofialdi, N., Andasuryani, A., & Fudholi, A. (2021). Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agroteknika*, 4(1), 53–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.32530/agroteknika.v4i1.105>
- Nurhadyanti, N., & Ekawaty, R. (2025). Perbandingan Kapasitas Penyimpanan Air Pada Media Tanam Arang Sekam, Serbuk Kayu Dan Sabut Kelapa. *Jurnal Atech-I*, 2(2), 29–39. <https://doi.org/https://doi.org/10.55043/atech-i.v2i2.36>
- Paga, B. O., & Reniana, R. (2024). Analisa Kualitas Biobriket Non Karbonisasi Biji Buah Merah Dengan Perekat Pati Sagu. *Jurnal Agritechno*, 17(02), 167–172. <https://doi.org/https://doi.org/10.70124/at.v17i2.1432>
- Prasetyo, Y., Hidayat, B., & Sitorus, B. (2020). Metode Pirolisis Characteristics Biochar From Biomasses And Pyrolysis. *Jurnal Agrium*, 23(1), 17–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/AGRIUM.V23I1.5653>
- Pratama, Y., Helwani, Z., & Komalasari, K. (2017). Pembuatan Briket Pelepah Sawit Menggunakan Proses Torefaksi Pada Variasi Tekanan Dan Penambahan Perekat Tapioka. *Jurnal Jom Fteknik*, 4(1), 1–6.
- Purwazi, A. I., Kuncoro, R. B., Atmaja, R. D., & Sanjaya, A. S. (2018). Analisa Perbandingan Persentase Perekat Terhadap Nilai Uji Kalor Dan Proksimat Biobriket Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Menggunakan Metode Karbonisasi. *Jurnal Integrasi Proses*, 7(1), 20–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.36055/JIP.V7I1.2777>
- Puspita, V., Syakur, S., & Darusman, D. (2021). Karakteristik Biochar Sekam Padi Pada Dua Temperatur Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(6), 732–739. <https://doi.org/https://doi.org/10.17969/JIMFP.V6I4.18404>
- Putri, N. E., Putri, I. L., Rusnadi, I., Zikri, A., & Manggala, A. (2024). Jurnal Inovator Pengaruh Variasi Temperature dan Ukuran Bahan Baku Pada Proses Karbonisasi Menggunakan Metode Cylinder Retort Kiln Terhadap Kualitas Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Inovator*, 7(2), 67–71. <https://doi.org/https://doi.org/10.37338/inovator.v7i2.367>
- Ridhuan, K., & Irawan, D. (2019). Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Karakteristik Pembakaran dan Hasil Bioarang Asap Cair dari Proses Pirolisis. *Jurnal Mechanical*, 10(1), 7–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/mech.v10.i1.201902>
- Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., & Firmansyah, F. (2019). Pengaruh jenis biomassa pada pembakaran pirolisis terhadap karakteristik dan efisiensi bioarang - asap cair yang dihasilkan. *Media Mesin: Jurnal Teknik Mesin*, 20(1), 18–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.23917/MESIN.V20I1.7976>
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., & K.S, R. S. (2015). Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Konversi*, 4(2), 45–51. <https://doi.org/10.20527/k.v4i2.266>

- Sari, G. I., Ginting, Z., Nurlaila, R., Meriatna Meriatna, Muarif, A., & Faisal, F. (2023). Pengaruh Berat Bahan Baku Dan Waktu Pirolisis Pada Produk Samping Dari Proses Pirolisis Pada Untuk Pembuatan Briket Bioarang. *Chemical Engineering Journal Storage*, 1(3), 96–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.29103/cejs.v3i1.9332>
- Setiawan, Y., W, E. S., & Dinar, I. (2019). Campuran Kulit Ketela Pohon Dan Cangkang Buah Karet Sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Briket. *Machine; Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 21–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.33019/jm.v5i1.813>
- Sirajuddin, Z. (2021). Pengaruh Densitas Bahan Terhadap Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Mediagro*, 17(1), 26–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.31942/MD.V17I1.3750>
- Sulasminingsih, S., Hafiz, F., Sari, K., & Yuninda, S. (2023). Penggunaan Biomassa sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Wilayah Pedesaan. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation (JOSEON)*, 01(01), 42–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.54378/joseon.v1i1.6766>
- Susilawati, S., Rezekiah, A. A., Nugroho, Y., & Satria, T. (2022). Karakteristik Briket Arang Tumbuhan Bawah Hutan Rawa Gambut. *Jurnal Hutan Tropis*, 10(2), 124–138. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/jht.v10i2.14122>
- Vachlepi, A., & Suwardin, D. (2013). Penggunaan biobriket sebagai bahan bakar alternatif dalam pengeringan karet alam. *Warta Perkaretan*, 32(2), 65–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.22302/PPK.WP.V32I2.38>

Halaman ini dikosongkan